

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ РЕК ЮЖНОГО УРАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕСНИЧНЫХ ИНFUЗОРИЙ ИЗ ОТРЯДА GYMNOSTOMATA

Б. Ю. Чаус

Стерлитамакский филиал ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»

Поступила в редакцию 26.07.2017 г.

Аннотация. В статье приводится анализ возможности использования показателя встречаемости в пробах микропланктона и микрозообентоса ресничных инфузорий из отряда Gymnostomata для повышения значимости биоиндикационных исследований в ходе экологического мониторинга рек Южного Урала. Отбор гидробиологических проб проводился в районах 17 государственных водопостов с 2005 по 2016 годы. Оценка встречаемости (в долях единицы) видов инфузорий в пробах на створах проводилась по формуле: $C = \frac{n}{N}$, где n — число участков, на которых в пробах найден изучаемый вид, N — общее число участков. Определение видовой принадлежности инфузорий проводилось во временных препаратах «давленная капля» непосредственно на створе с применением микроскопирования. Для аналитических исследований использовались морфологически отличающиеся виды инфузорий и имеющие характеристику принадлежности их к водоемам различной степени сапробности — ксено-сапробным, олиго-сапробным, бета-сапробным, альфа-мезо-сапробным и поли-сапробным.

Для анализа корреляционной связи между встречаемостью видов инфузорий на створах использовались данные по среднегодовому содержанию в реках Южного Урала соединений марганца, никеля, железа, нефтепродуктов, фенолов, азота аммонийного, меди, цинка, сульфатов, хлоридов и азота нитритного, которые ежегодно публикуются в Государственных докладах «О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан». В качестве обобщенного показателя использовался удельный комбинаторный индекс загрязненности воды. Статистическая обработка материала проводилась в прикладной программе MS Excel for Windows. Нормальность распределения показателя встречаемости в пробах инфузорий на створах проверялась по критерию Шапиро – Уилка. Для установления силы связи между встречаемостью в пробах инфузорий и количественными показателями содержания в водах химических поллютантов применялся коэффициент корреляции Пирсона. Для проведения регрессионного анализа и интерпретации результатов использовался калькулятор онлайн-сервиса сайта Математического форума Math Help Planet.

Относительным постоянством на изученных створах в реках Южного Урала характеризуется встречаемость в пробах *Bursellopsis truncata*, *Actinobolina radians*, *Trachelius ovum*, *Loxophyllum meleagris* и *Plagiopyla nasuta*.

Выявлена сильная отрицательная корреляционная связь между встречаемостью в пробах β -сапробных видов — *C. hirtus* (река Белая, ж/д станция «Шушпа») с содержанием меди, *C. hirtus* (река Белая, ниже п. Прибельский), *D. nasutum* (река Белая, ниже п. Прибельский) и *B. truncata* (река Инзер, д. Азово) с содержанием нефтепродуктов.

Оценка коэффициента детерминации показала, что наиболее чувствительным видом на повышение концентрации нефтепродуктов можно считать *B. truncata* (река Инзер, д. Азово).

Подобный подход, очевидно, позволит выявить виды-индикаторы химического загрязнения вод, разработать рекомендации по замене ряда химических анализов менее дорогими биологическими, а также выявлять наиболее сильно действующие на гидробионтов химические вещества. Все вышперечисленное крайне важно для разработки технологических решений по очистке сточных вод, сбрасываемых в поверхностные воды Южного Урала.

Ключевые слова: ресничные инфузории, отряд Gymnostomata. Южный Урал, встречаемость видов в пробах, гидрохимические показатели, удельный комбинаторный индекс загрязненности воды.

Изучение последствий антропогенного воздействия на окружающую среду невозможно без приемов биологической индикации, которая дает прямую информацию о реакции организмов на стрессорные факторы [1]. Свободноживущие ресничные инфузории (Ciliata, Ciliophora) составляют основу протофауны пресноводных водоемов [2, 3]. В активном состоянии они встречаются в бентосе, планктоне и нейстоне водоемов. Ресничные инфузории используются для оценки токсичности природных и сточных вод в качестве организмов-индикаторов автохтонного и аллохтонного загрязнения [4].

В настоящее время необходимо изучение региональных фаун простейших и их экологических особенностей: биотопической приуроченности; сезонной динамики численности отдельных видов; влияния различных абиотических факторов на жизнедеятельность простейших; их взаимоотношений с другими гидробионтами; индикаторных особенностей отдельных видов и т.д. [5]. В последние годы можно отметить довольно интересные работы по микрофауне озер Башкортостана [6,7]. Изучение же экологии ресничных инфузорий в реках Южного Урала в последнее время носило эпизодический характер, и, как следствие этого, результатами этих работ были относительно обобщенные сведения по индикационным качествам простейших в водотоках этого региона [8, 9].

Цель данной работы – анализ возможности использования динамики встречаемости в пробах речных вод ресничных инфузорий для повышения значимости биоиндикационных исследований в ходе экологического мониторинга рек Южного Урала.

Для достижения цели с 2005 по 2016 гг. решались 2 задачи:

1) изучение динамики встречаемости в пробах ресничных инфузорий из отряда Gymnostomata в районах 17 государственных водопостов, находящихся на реках, протекающих по территории Южного Урала;

2) анализ корреляционной и регрессионной связей встречаемости видов инфузорий в гидробиологических пробах с концентрацией химических веществ, определяемых в речных водах в районах изученных створов.

МАТЕРИАЛЫ. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились с 2005 по 2016 гг. в летнюю межень в районах 17 государственных

водопостов (створов) на 8-ми реках, протекающих по территории Южного Урала:

– на р. Белой: ж/с станция «Шушпа» (створ 1), д/о «Арский камень» (створ 2), выше г. Мелеуз (створ 3), ниже г. Мелеуз (створ 4), выше г. Салават (створ 5), ниже г. Ишимбай (створ 6), выше г. Стерлитамак (створ 7), ниже г. Стерлитамак (створ 8), ниже п. Прибельский (створ 9), выше г. Уфа (створ 10);

– на р. Большой Нугуш, с. Новосеитово (створ 11);

– на р. Ашкадар в черте г. Стерлитамак (створ 12);

– на р. Селеук, д. Нижнеиткулово (створ 13);

– на р. Инзер, д. Азово (створ 14);

– на р. Юрюзань, д. Чулпан (створ 15);

– на р. Зилаир, с. Зилаир (створ 16);

– на р. Большой Ик, с. Мраково (створ 17).

Отбор гидробиологических проб проводился согласно [10] с десяти участков (N) (расстояние между участками 100—150 м) на каждом створе. На всех участках проводилось взмучивание грунта в 6-ти пунктах и отбиралось 6 литров воды (6 проб по 1 л). Затем они сливались в одну емкость (ведро), из которой, после перемешивания, бралась интегральная проба. Данный подход был применен для оценки встречаемости видов инфузорий в пробах (в долях единицы) на створах по формуле: $C = \frac{n}{N}$, где n — число участков, на которых в пробах найден изучаемый вид, N — общее число участков. Наименование категорий постоянства видов приводится по А. С. Степановских [11]. В зависимости от значения встречаемости вида инфузории на створе определялись следующие категории: постоянный — ($C > 0.5$); добавочный — ($0.25 < C < 0.5$) и случайный вид — ($C < 0.25$).

Определение видовой принадлежности инфузорий проводилось во временных препаратах «давленная капля» непосредственно на створе с применением микрофотографирования по определителям [12, 13]. В ходе исследований использовались морфологически отличающиеся виды инфузорий и имеющих характеристику принадлежности их к водоемам различной степени сапробности (k – ксеносапробный водоем – очень чистые воды; o – олигосапробный водоем – чистые воды; β – беттосапробный водоем – загрязненные воды; α – альфамезосапробный водоем – сильно загрязненные воды; p – полисапробный водоем – грязные воды) [14]. Данный подход очень важен при организации биоиндикационных исследований

в районах государственных водопостов на реках Южного Урала.

Для анализа корреляционной связи между встречаемостью видов инфузорий на створах и гидрохимическими показателями (соединения марганца (*Mn*), никеля (*Ni*) и железа (*Fe*); нефтепродукты (*H/n*), фенолы (*Фен*), азот аммонийный (*NH₄*), медь (*Cu*), цинк (*Zn*), сульфаты (*SO₂*), хлориды (*Cl*), азот нитритный (*NO₂*)) использовались сведения из ежегодно публикуемых докладов [15–21]. В качестве обобщенного показателя использовался удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ).

Статистическая обработка материала проводилась в прикладной программе *MS Excel for Windows*. Нормальность распределения показателя встречаемости в пробах инфузорий на створах проверялась по критерию Шапиро – Уилка. Для установления силы связи между встречаемостью в пробах инфузорий и количественными показателями содержания в водах химических поллютантов применялся коэффициент корреляции Пирсона. Для проведения регрессионного анализа и интерпретации результатов использовался калькулятор онлайн-сервиса сайта Математического форума Math Help Planet [22]. Все статистические расчеты проводились при уровне значимости 0.05 (95%).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

По результатам исследования была создана компьютеризированная база данных [23], в которую включено 18 видов ресничных инфузорий

из отряда *Gymnostomata*, принадлежащих к 10 семействам и 16 родам (табл. 1). Анализ динамики встречаемости в пробах ресничных инфузорий из отряда *Gymnostomata*, обитающих в реках Южного Урала показал, что по средним оценкам изученные на створах виды могут быть как постоянными, так и добавочными и случайными (табл. 2).

Проведенные исследования показали, что относительным постоянством на изученных створах характеризуется встречаемость в пробах таких видов инфузорий, как *B. truncata*, *A. radians*, *T. ovum*, *L. meleagris* и *P. nasuta*. Встречаемость в пробах остальных видов инфузорий (*C. hirtus*, *D. nasutum*, *P. teres*, *H. simplex*, *L. olor*, *L. elegans*, *N. ornate*, *C. cucullulus*, *D. cygnus*, *A. claparedei*, *L. helus*, *M. pusillus*, *C. steini*) обладает значительной ежегодной динамикой.

Анализ динамики УКИЗВ в воде рек Южного Урала за период с 2006 по 2015 годы показал, что данный показатель значительно колеблется на ряде створов, но он довольно стабилен в р. Белой выше города Мелеуз (створ 3) и в р. Инзер, д. Азово (створ 14) (рисунок 1).

На рисунках 2 и 3 показана динамика встречаемости в пробах ресничных инфузорий из отряда *Gymnostomata* за период с 2005 по 2016 гг. на створах 3 и 14. Данный анализ показал, что в реке Белой выше г. Мелеуза наиболее динамична встречаемость в пробах таких видов, как *B. truncata* и *A. radians*. а в р. Инзер (д. Азово) – *D. nasutum*, *B. truncata*, *H. simplex*, *L. elegans*, *C. cucullulus* и *P. nasuta*. У остальных изученных видов инфузорий

Таблица 1.

Систематическая принадлежность и показатель сапробности (*Ps*), использованных в ходе исследований ресничных инфузорий из отряда *Gymnostomata* (по Мажейкайте, 1977 [16])

Систематическая категория			Ps
Семейство	Род	вид	
Colepidae	<i>Coleps</i> Nitzsch, 1817	<i>Coleps hirtus</i> Nitzsch, 1817	β
Didiniidae	<i>Didinium</i> Stein, 1867	<i>Didinium nasutum</i> O. F. Muller, 1876	β
	<i>Bursellopsis</i> Corliss, 1960	<i>Bursellopsis truncata</i> Kahl, 1927	β
	<i>Prorodon</i> Ehrenberg, 1833	<i>Prorodon teres</i> Ehrenberg, 1838	α
	<i>Holophrya</i> Ehrenberg, 1831	<i>Holophrya simplex</i> Schewiakoff, 1893	о
	<i>Lacrymaria</i> Ehrenberg, 1830	<i>Lacrymaria olor</i> O. F. Muller, 1776 <i>Lacrymaria elegans</i> Engelmann, 1862	о-β α-р
Actinobolinidae	<i>Actinobolina</i> Strand, 1926	<i>Actinobolina radians</i> Westwood, 1841	α
Nassulidae	<i>Nassula</i> Ehrenberg, 1834	<i>Nassula ornata</i> Ehrenberg, 1833	β
Chlamydodontidae	<i>Chilodonella</i> Strand, 1928	<i>Chilodonella cucullulus</i> O. F. Muller, 1786	α-β
Tracheliidae	<i>Trachelius</i> Schrank, 1803	<i>Trachelius ovum</i> Ehrenberg, 1831	β
	<i>Dileptus</i> Dujardin, 1840	<i>Dileptus cygnus</i> Claparede et Lachmann, 1859	к
Amphileptidae	<i>Amphileptus</i> Ehrenberg, 1830	<i>Amphileptus claparedei</i> Stein, 1867	α
	<i>Loxophyllum</i> Dujardin, 1840	<i>Loxophyllum helus</i> Stokes, 1884	α-β
		<i>Loxophyllum meleagris</i> Dujardin, 1841	β
Leptopharyngidae	<i>Microthorax</i> Engelmann, 1862	<i>Microthorax pusillus</i> Engelmann, 1861	α-р
Plagiopylidae	<i>Plagiopyla</i> Stein, 1860	<i>Plagiopyla nasuta</i> Stein, 1860	α-р
Colpodidae	<i>Colpoda</i> O. F. Muller, 1773	<i>Colpoda steini</i> Maupas, 1883	α

на 3-ем и 14-м створах наблюдалась относительно стабильная встречаемость в пробах, что говорит, по-видимому, об их адаптации к качеству воды на данных участках и, очевидно, достаточной для них кормовой (бактериальной) базе.

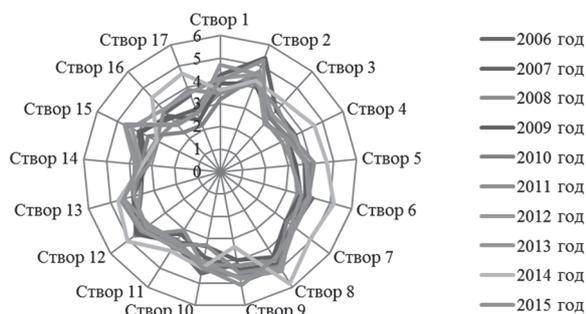


Рис. 1. Динамика УКИЗВ в воде рек Южного Урала за период с 2006 по 2015 годы

Анализ корреляционных матриц позволил выявить сильную отрицательную связь ($r = -0.7$) между встречаемостью в пробах *C. hirtus* с содержанием меди и нефтепродуктов в р. Белой в районе ж/д станции «Шушпа» и ниже п. Прибельский, соответственно. Пример корреляционной матрицы представлен в таблице 3. Также установлена таковая связь между встречаемостью в пробах *D. nasutum* с содержанием нефтепродуктов ($r = -0.7$) в воде р. Белой ниже п. Прибельский. В воде р. Инзер (р-н д. Азово) вышеуказанная связь ($r = -0.8$) выявлена между содержанием нефтепродуктов и встречаемостью в пробах *B. truncata*.

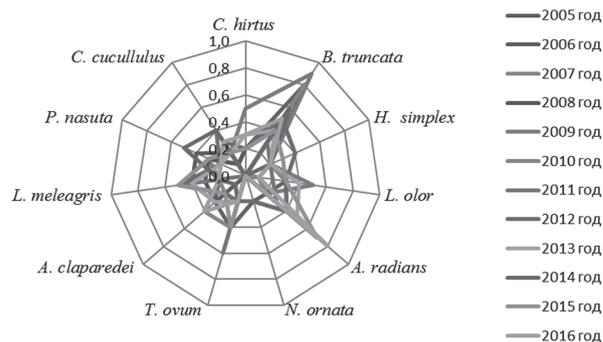


Рис. 2. Динамика встречаемости видов инфузорий в р. Белая (выше г. Мелеуз) (створ 3)

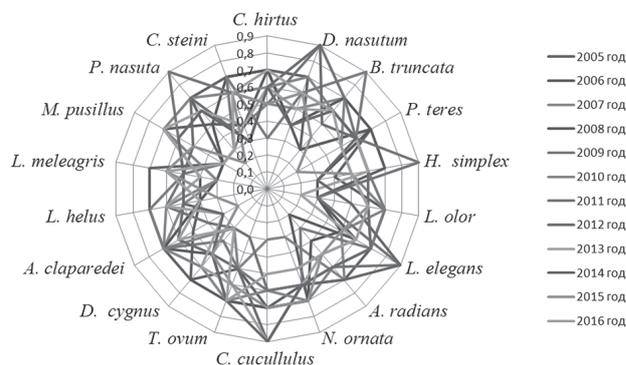


Рис. 3. Динамика встречаемости видов инфузорий в р. Инзер (д. Азово) (створ 14)

Все вышеуказанные виды относятся к β – сапробным условиям обитания. На остальных изученных створах за период исследований значимой корреляции между встречаемостью в пробах

Таблица 2.

Средний показатель встречаемости в пробах (С) видов ресничных инфузорий из отряда Gymnostomata на створах (1-17) рек Южного Урала за период с 2005 по 2016 гг.

Вид	Створ																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<i>C. hirtus</i>	0.4	0.3	0.2	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7
<i>D. nasutum</i>	н/о	0.1	н/о	0.4	0.3	0.5	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.6	0.7
<i>B. truncata</i>	0.6	0.5	0.6	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6
<i>P. teres</i>	н/о	0.1	н/о	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7
<i>H. simplex</i>	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7
<i>L. olor</i>	0.3	0.2	0.2	0.4	0.3	0.4	0.4	н/о	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7
<i>L. elegans</i>	н/о	0.3	н/о	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7
<i>A. radians</i>	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6
<i>N. ornata</i>	н/о	0.1	0.1	0.3	0.3	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
<i>C. cucullulus</i>	н/о	0.1	0.2	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.4	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
<i>T. ovum</i>	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7
<i>D. cygnus</i>	н/о	0.1	н/о	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.4	0.5	0.3	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6
<i>A. claparedei</i>	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.7	0.6	0.6
<i>L. helus</i>	н/о	н/о	н/о	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6
<i>L. meleagris</i>	0.5	0.5	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6
<i>M. pusillus</i>	н/о	н/о	н/о	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6
<i>P. nasuta</i>	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7
<i>C. steini</i>	н/о	н/о	н/о	0.3	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6

Примечание: н/о – не обнаруженный вид за период исследований.

видов инфузорий и гидрохимическими показателями не выявлено.

Результаты анализа регрессионных связей между выявленными отрицательно коррелирующими показателями встречаемости видов инфузорий в пробах и химическими веществами показаны в таблице 4. Исходя из результатов регрессионного анализа, можно сделать вывод, что наиболее чувствительным видом к содержанию меди и нефтепродуктов в воде р. Белой в районе ж/д станции «Шушпа» и ниже п. Прибельский является *C. hirtus* (коэффициент детерминации = 0,5). В р. Инзер влияние нефтепродуктов отмечено для *B. truncata* (коэффициент детерминации = 0,7). Однако отмечается и воздействие на эти виды неучтенных факторов.

Исходя из вышеизложенного можно сделать прогноз по индикации содержания в водах рек Белой (р–н ж/д ст. «Шушпа» и ниже п. Прибельский) и Инзер (д. Азово) меди и нефтепродуктов в зависимости от встречаемости в пробах *C. hirtus*, *D.*

nasutum и *B. truncata*. Так если *B. truncata* будет встречаться в 70% гидробиологических проб, отобранных в р. Инзер (д. Азово), то можно предположить, что содержание нефтепродуктов на этом створе будет, по-видимому, в районе ПДК (0,3 мг/л).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Всего в ходе исследований на реках Южного Урала было использовано 18 видов ресничных инфузорий из отряда Gymnostomata — *Coleps hirtus*, *Didinium nasutum*, *Bursellopsis truncate*, *Prorodon teres*, *Holophrya simplex*, *Lacrymaria olor*, *Lacrymaria elegans*, *Actinobolina radians*, *Nassula ornate*, *Chilodonella cucullulus*, *Trachelius ovum*, *Dileptus cygnus*, *Amphileptus claparedei*, *Loxophyllum helus*, *Loxophyllum meleagris*, *Microthorax pusillus*, *Plagiopyla nasuta*, *Colpoda steini*. принадлежащих к 10 семействам — Colepidae, Didiniidae, Actinobolinidae, Nassulidae, Chlamyodontidae, Tracheliidae, Amphileptidae, Lep-topharyngidae, Plagiopylidae, Colpodidae и 16 родам — *Coleps*, *Didinium*, *Bursellopsis*, *Prorodon*, *Ho-*

Таблица 3.

Корреляционная матрица связи встречаемости в пробах видов инфузорий с химическими показателями (ХП) в р. Белой ниже п. Прибельский за период с 2005 по 2015 гг.

ХП	Вид инфузории																		
	<i>C. hirtus</i>	<i>D. nasutum</i>	<i>B. truncata</i>	<i>P. teres</i>	<i>H. simplex</i>	<i>L. olor</i>	<i>L. elegans</i>	<i>A. radians</i>	<i>N. ornata</i>	<i>C. cucullulus</i>	<i>T. ovum</i>	<i>D. cygnus</i>	<i>A. claparedei</i>	<i>L. helus</i>	<i>L. meleagris</i>	<i>M. pusillus</i>	<i>P. nasuta</i>	<i>C. steini</i>	
Mn	0.2	-0.2	0.4	-0.3	-0.2	-0.2	0.0	0.3	0.3	-0.6	0.4	0.1	-0.6	0.4	0.3	0.1	0.3	0.6	
Fe	0.4	0.1	0.5	-0.2	-0.5	0.0	-0.2	-0.2	-0.5	0.0	0.1	-0.1	-0.1	-0.3	-0.1	-0.1	0.0	0.0	
H/п	-0.7	-0.7	0.4	0.4	0.4	0.0	-0.4	-0.1	0.2	-0.3	0.2	0.3	-0.3	0.1	0.4	0.0	0.4	0.0	
Фен	0.0	0.1	0.1	-0.3	0.5	-0.2	-0.6	0.1	-0.1	0.5	-0.3	0.4	0.0	0.2	-0.6	0.0	-0.6	0.3	
NH ₄	-0.5	-0.6	0.0	0.3	0.4	0.1	-0.3	-0.1	0.3	0.0	0.0	0.1	-0.4	0.0	0.4	0.0	0.3	-0.2	
Ni	0.1	0.1	-0.1	-0.4	0.4	-0.4	0.0	0.2	0.3	0.3	-0.5	0.1	-0.4	0.3	-0.6	0.0	-0.5	0.4	
Cu	0.1	-0.2	0.1	0.5	-0.3	0.7	0.4	-0.3	-0.2	-0.1	-0.4	-0.6	0.1	0.1	-0.3	-0.4	0.3	0.2	
SO ₂	0.3	-0.3	0.5	-0.2	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	0.2	-0.2	0.1	0.3	-0.4	-0.2	-0.1	0.0	0.0	0.2	
Cl	0.2	-0.3	0.5	0.1	-0.1	0.1	-0.2	-0.4	0.0	-0.4	0.4	-0.4	-0.2	-0.4	0.3	0.0	0.3	0.0	

Таблица 4.

Коэффициент корреляции (r) и уравнения регрессии (УР) связи между показателем встречаемости в пробах инфузорий (X) и химическими веществами (Y, в кратности превышения ПДК), определяемыми в водах рек Южного Урала за период с 2005 по 2015 гг.

(X)	(Y)	r	УР	R ²	F		А (%)
					F факт.	F табл.	
Река Белая							
Ж/д ст. «Шушпа»							
<i>C. hirtus</i>	Cu	-0.7	Y = -3.3x+2.9	0.5	8.1	5.1	26.2
Ниже п. Прибельский							
<i>C. hirtus</i>	H/п	-0.7	Y = -5.7x+5.7	0.5	7.9	5.1	35.5
<i>D. nasutum</i>	H/п	-0.7	Y = -6.4x+5.8	0.4	6.7	5.1	39.1
Река Инзер (д. Азово)							
<i>B. truncata</i>	H/п	-0.8	Y = -6.3x+5.5	0.7	20.5	5.1	20.1

Примечание: R² – коэффициент детерминации; F – критерии Фишера; А – средняя ошибка аппроксимации.

lophrya, Lacrymaria, Actinobolina, Nassula, Chilonella, Trachelius, Dileptus, Amphileptus, Loxophyllum, Microthorax, Plagiopyla и *Colpoda*.

Каждый из изученных видов ресничных инфузорий может быть отнесен к категории постоянного, добавочного или случайного вида в зависимости от створа и года исследования. Относительным постоянством на изученных створах в реках Южного Урала характеризуется встречаемость в пробах *Bursellopsis truncata, Actinobolina radians, Trachelius ovum, Loxophyllum meleagris* и *Plagiopyla nasuta*. Встречаемость в пробах остальных видов (*C. hirtus, D. nasutum, P. teres, H. simplex, L. olor, L. elegans, N. ornate, C. cucullulus, D. cygnus, A. claredei, L. helus, M. pusillus, C. steini*) обладает значительной ежегодной динамикой.

Относительная стабильность УКИЗВ в воде рек Южного Урала за период с 2006 по 2015 гг. наблюдалась в воде р. Белой выше города Мелеуз и в воде р. Инзер (район д. Азово).

За период исследований наблюдалась сильная отрицательная корреляционная связь между встречаемостью в пробах β - сапробных видов — *C. hirtus* (р. Белая, ж/д станция «Шушпа»), *C. hirtus, D. nasutum* (р. Белая, ниже п. Прибельский), *B. truncata* (р. Инзер, д. Азово) и содержанием в речных водах нефтепродуктов и меди.

Изучение динамики встречаемости в гидробиологических пробах ресничных инфузорий из отряда Gymnostomata на участках рек в районах государственных водопостов, очевидно, позволит выявить виды-индикаторы химического загрязнения вод, разработать рекомендации по замене ряда химических анализов менее дорогими биологическими, а также выявлять наиболее сильно действующие на гидробионтов химические вещества. Все вышеперечисленное крайне важно для разработки технологических решений по очистке сточных вод, сбрасываемых в поверхностные воды Южного Урала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ляшенко О.А. Биоиндикация и биотестирование в охране окружающей среды: учебное пособие. СПб, ГТУРП, 2012, 67 с.
2. Corliss J.O. The Ciliated Protozoa: Characterisation, Classification and Guide to the literature. New York, 1979, p. 597.
3. Карпов С.А. Система простейших: история и современность. СПб, ТЕССА, 2005, 68 с.
4. Румянцева А.В. // Экологический мониторинг и биоразнообразие. Т. 3. № 2. Ишим, ПЦ КАН, 2008, с. 100–105.
5. Мячина О.А. Дисс. канд. биол. наук. Омск, 2010, 166 с.
6. Быкова С.В., Жариков В.В. // Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского. 2011. № 25, с. 497–506.
7. Быкова С.В., Жариков В.В., Андреева В.А., Горбунов М.Ю., Уманская М.В. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 5 (5), с. 1748 – 1757.
8. Chaus B. J. // The First International Conference on Eurasian scientific development. Proceedings of the Conference. Vienna, 2014. OR: «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. Vienna. pp. 14–15.
9. Чаус Б. Ю. // Доклады Башкирского университета. Уфа, Издательство Башкирского государственного университета, 2016, с. 332 – 335.
10. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Под редакцией В.А. Абакумова. Санкт-Петербург, Гидрометеоиздат, 1992, с. 131–150.
11. Степановских А. С. Экология: Учебник для вузов. Москва, ЮНИТИ-ДАНА, 2001, 288 с.
12. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. Планктон, бентос. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1977, 513 с.
13. Мажейкайте С.И. Класс Ресничные инфузории // Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. Планктон, бентос/ Ленинград, Гидрометеоиздат, 1977, с. 46–97.
14. Алексеев В.В., Гридина Е.Г., Куракина Н.И., Минина А.А. // «Надежность и качество», сборник трудов Международного симпозиума, Пензенский государственный университет. Т. 2, 2006, с. 228–231.
15. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и окружающей среды республики Башкортостан в 2005 году». Уфа, 2006, с. 21-39.
16. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2006 году». Уфа, 2007, с. 60-78.
17. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2007 году». Уфа, 2008, с. 65-83.
18. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2008 году». Уфа, 2009, с. 54-72.
19. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2009 году». Уфа, 2010, с. 53-69.
20. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики

Чаяс Б. Ю.

ки Башкортостан в 2010 году». Уфа, 2011, с. 73-92.

21. Государственные доклады «О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан». Уфа, 2011—2016. Режим доступа: <http://www.ecology.bashkortostan.ru/presscenter/lectures/> (дата обращения: 25.05.2017).

Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета

Чаяс Б. Ю., к.б.н, доцент кафедры биологии естественнонаучного факультета

Тел.: +7 960 384-58-77

E-mail: chaus-str@mail.ru

22. Математический форум Math Help Planet. Режим доступа: <http://mathhelpplanet.com/static.php?p=onlayn-mnk-i-regressionniy-analiz>).

23. Чаяс Б.Ю. // «Актуальные проблемы науки и образования в современном вузе», материалы III Международной научно-практической конференции, часть I, Стерлитамак, Стерлитамакский филиал БашГУ, 2017, с. 237–240.

Sterlitamak branch of the Bashkir state university
Chaus B. Y., PhD, associate professor, biology of

natural-science dept.

Ph.: +7 960 384-58-77

E-mail: chaus-str@mail.ru

ENVIRONMENTAL MONITORING OF THE RIVERS OF SOUTH URAL WITH USE OF CILIARY INFUSORIANS FROM GYMNOSTOMATA GROUP

B. Yu. Chaus

Sterlitamak branch of the Bashkir state university

ABSTRACT. In article the analysis of a possibility of use of an index of occurrence is provided in tests of a microplankton and microzoobenthos of ciliary infusorians from Gymnostomata group for increase in a significance of bioindicator researches during environmental monitoring of the rivers of South Ural. Selection of hydrobiological tests was made in regions of 17 state water posts from 2005 to 2016. Occurrence assessment (in unit shares) types of infusorians in tests on alignments was carried out on a formula: $C = \frac{n}{N}$, where n — number of sites on which the studied look is found in tests, N — total number of sites. Definition of specific accessory of infusorians was carried out in the temporary medicines "davleny drop" immediately on an alignment with application of a mikroskopirovaniye. For analytical researches morphologically different types of infusorians and their belongings to reservoirs of various degree of a saprobnost having the characteristic — kseno-saprobny, oligo-saprobny, betta-saprobny, alpha- мезо-сапробным and poli-saprobny were used.

For the analysis of correlative communication between occurrence of types of infusorians on alignments data on average annual contents in the rivers of South Ural of compounds of manganese, nickel, iron, oil products, phenols, nitrogen ammoniyny, coppers, zincum, sulfates, chlorides and nitrogen nitritny which are annually published in the State reports "About a condition of natural resources and a surrounding medium of the Republic of Bashkortostan" were used. As the generalized index the specific combinatorial index of impurity of water was used. Statistical processing of material was carried out in the Excel for Windows MS application program. The normality of distribution of an index of occurrence in tests of infusorians on alignments was checked by Shapiro's criterion – Uilka. The coefficient of correlation of Pearson was applied to establishment of binding force between occurrence in tests of infusorians and the quantitative indices of content in waters of chemical pollyutant. For carrying out the regression analysis and interpretation of results the calculator of an online service of the website of the Mathematical forum Math Help Planet was used.

The relative constancy on the studied alignments in the rivers of South Ural characterizes occurrence in tests of *Bursellopsis truncata*, *Actinobolina radians*, *Trachelius ovum*, *Loxophyllum meleagris* and *Plagiopyla nasuta*.

The strong negative correlative communication between occurrence in tests β - saprobny types — *C. hirtus* (Belaya River, the railway station "Shushpa") with the content of copper, *C. hirtus* (Belaya River, is lower than the item Pribelsky), *D. nasutum* (Belaya River, is lower than the item Pribelsky) and *B.*

truncata (the Inzer River, of Azovo) with the content of oil products is revealed. Assessment of coefficient of determination showed that the most sensing view of strengthening of oil products can be considered *B. truncata* (the Inzer River, of Azovo).

Keywords: ciliary infusorians, Gymnostomata group, South Ural, occurrence of types in tests, hydrochemical parameters, the specific combinatorial index of impurity of water.

REFERENCES

1. Lyashenko O.A. Bioindikatsiya i biotestirovanie v okhrane okruzhayushchei sredy: uchebnoe posobie. SPb, GTURP, 2012, 67 s.
2. Corliss J.O. The Ciliated Protozoa: Characterisation, Classification and Guide to the literature. New York, 1979, p. 597.
3. Karpov S.A. Sistema prosteishikh: istoriya i sovremennost'. SPb, TESSA, 2005, 68 s.
4. Rumyantseva A.B. // Ekologicheskii monitoring i bioraznoobrazie. T. 3. № 2. Ishim, PTs KAN, 2008, s. 100–105.
5. Myachina O.A. Diss. kand. biol. nauk. Omsk, 2010, 166 s.
6. Bykova S.V., Zharikov V.V. // Izvestiya PGPU im. V.G. Belinskogo. 2011. № 25, s. 497–506.
7. Bykova S.V., Zharikov V.V., Andreeva V.A., Gorbunov M.Yu., Umanskaya M.V. // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk. 2014. T. 16. № 5 (5), s. 1748 – 1757.
8. Chaus B. J. // The First International Conference on Eurasian scientific development. Proceedings of the Conference. Vienna, 2014. OR: «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. Vienna. pp. 14–15.
9. Chaus B. Yu. // Doklady Bashkirskogo universiteta. Ufa, Izdatel'stvo Bashkirskogo gosudarstvennogo universiteta, 2016, s. 332 – 335.
10. Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnykh ekosistem / Pod redaktsiei V.A. Abakumova. Sankt-Peterburg, Gidrometeoizdat, 1992, s. 131–150.
11. Stepanovskikh A. S. Ekologiya: Uchebnik dlya vuzov. Moskva, YuNITI-DANA, 2001, 288 s.
12. Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Evropeiskoi chasti SSSR. Plankton, bentos. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1977, 513 s.
13. Mazheikaite S.I. Klass Resnichnye infuzorii // Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Evropeiskoi chasti SSSR. Plankton, bentos / Leningrad, Gidrometeoizdat, 1977, s. 46 – 97.
14. Alekseev V.V., Gridina E.G., Kurakina N.I., Minina A.A. // «Nadezhnost' i kachestvo», sbornik trudov Mezhdunarodnogo simpoziuma, Penzenskii gosudarstvennyi universitet. T. 2, 2006, s. 228–231.
15. Gosudarstvennyi doklad «O sostoyanii prirodnykh resursov i okruzhayushchei sredy respubliky Bashkortostan v 2005 godu». Ufa, 2006, s. 21-39.
16. Gosudarstvennyi doklad «O sostoyanii prirodnykh resursov i okruzhayushchei sredy Respubliki Bashkortostan v 2006 godu». Ufa, 2007, s. 60-78.
17. Gosudarstvennyi doklad «O sostoyanii prirodnykh resursov i okruzhayushchei sredy Respubliki Bashkortostan v 2007 godu». Ufa, 2008, s. 65-83.
18. Gosudarstvennyi doklad «O sostoyanii prirodnykh resursov i okruzhayushchei sredy Respubliki Bashkortostan v 2008 godu». Ufa, 2009, s. 54-72.
19. Gosudarstvennyi doklad «O sostoyanii prirodnykh resursov i okruzhayushchei sredy Respubliki Bashkortostan v 2009 godu». Ufa, 2010, s. 53-69.
20. Gosudarstvennyi doklad «O sostoyanii prirodnykh resursov i okruzhayushchei sredy Respubliki Bashkortostan v 2010 godu». Ufa, 2011, s. 73-92.
21. Gosudarstvennye doklady «O sostoyanii prirodnykh resursov i okruzhayushchei sredy Respubliki Bashkortostan». Ufa, 2011—2016. Rezhim dostupa: <http://www.ecology.bashkortostan.ru/presscenter/lectures/> (data obrashcheniya: 25.05.2017).
22. Matematicheskii forum Math Help Planet. Rezhim dostupa: <http://mathhelpplanet.com/static.php?p=onlayn-mnk-i-regressionniy-analiz>.
23. Chaus B. Yu. // «Aktual'nye problemy nauki i obrazovaniya v sovremennom vuze», materialy III Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, chast' I, Sterlitamak, Sterlitamakskii filial BashGU, 2017, s. 237–240.